

PEMBUATAN POLIOL DARI MINYAK JARAK PAGAR SEBAGAI BAHAN BAKU POLIURETAN

(Polyol Manufacturing from Jatropha curcas L. Oil as Raw Material for Polyurethane)

Oleh/By :

R. Sudradjat¹⁾, Rita Intan Yulita²⁾ & D. Setiawan¹⁾

¹⁾ Pusat Penelitian dan Pengembangan Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan
Jl. Gunung Batu No. 5 Bogor 16610; Telp./Fax : 0251 - 8633378 / 8633413

²⁾ Departemen Kimia, Fakultas MIPA, Kampus IPB Darmaga PO. Box 220 Bogor 16002
Telp./Fax : 0251 - 8621210 / 8623203

Diterima, 22 Maret 2010; disetujui, 25 Agustus 2010

ABSTRACT

Polyol is a polyurethane raw material where its consumptions always increase along with the national need of polyurethane. Polyol which has been using normally derived from petroleum, but it also can be derived from vegetable oil such as jatropha curcas L. oil since it has an oil contain of 40% - 60% (w/w). Polyol based on jatropha curcas L. was made in two stages, namely epoxidation and hydroxylation. Hydroxylation was done in two ways, halogenation and methoxylation. Polyol hydroxyl number of products were analyzed by titration and analyzed by Fourier Transform Infra Red spectroscopy (FTIR). This research intend to study the effect of kinds of reagents, time, and mole ratio of reactants for methoxylation. The result showed that oxiran numbers obtained 3.92%. Hydroxyl number of polyol were synthised by halogenation method and gave 18.15 mg KOH/g at reaction time of 60 minutes and hydroxyl number of 10.94 mg KOH/g for 90 minutes. Hydroxyl number of polyol obtained through methoxylation has the highest value of 157.69 mg KOH/g at ratio moles of methanol to isopropanol of 1 : 9, and reaction time of 2 hours.

Keywords : Polyol, polyurethane, methoxylation, halogenated.

ABSTRAK

Poliol dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan poliuretan kebutuhannya terus meningkat seiring dengan kebutuhan nasional akan poliuretan. Selama ini, polioli yang digunakan umumnya berasal dari minyak bumi, namun polioli dapat juga dibuat dari minyak nabati seperti minyak jarak pagar yang memiliki kandungan minyak 40% - 60% (b/b). Polioli dari minyak jarak pagar dibuat melalui dua tahap yaitu epoksidasi dan hidroksilasi. Hidroksilasi dilakukan dengan dua cara yaitu halogenasi dengan pereaksi HCl dan metoksilasi menggunakan campuran metanol dan isopropanol. Analisis bilangan hidroksil dilakukan dengan cara titrasi dan analisa FTIR (*Fourier Transform Infra Red*). Penelitian ini bertujuan mempelajari pengaruh jenis pereaksi, waktu dan nisbah mol pereaksi untuk hidroksilasi melalui metanol. Hasil penelitian menunjukkan bilangan oksiran sebesar 3,92%. Bilangan hidroksil polioli yang diperoleh melalui hidroksilasi dengan halogenasi memberikan nilai 18,15 mg KOH/g untuk waktu 60 menit, dan nilai 10,94 mg KOH/g untuk waktu 90 menit. Bilangan hidroksil polioli yang

didapatkan melalui metoksilasi memberikan nilai terbesar, yaitu 157,69 mg KOH/g pada nisbah mol metanol terhadap isopropanol sebesar 1 : 9 dan waktu reaksi 2 jam.

Kata kunci : Poliol, poliuretan, metoksilasi, halogenasi.

I. PENDAHULUAN

Poliol merupakan salah satu bahan yang digunakan dalam industri poliuretan. Poliol dapat disintesis dari minyak nabati melalui epoksidasi dilanjutkan dengan pembukaan cincin epoksida (Rios, 2003 dan Petrovic *et al.*, 2005). Pembuatan poliol dari minyak nabati melibatkan pengubahan ikatan rangkap pada rantai samping trigliserida menjadi gugus hidroksil.

Salah satu minyak nabati yang saat ini banyak diteliti adalah minyak jarak pagar (*Jatropha curcas*). Kandungan minyak biji jarak pagar sekitar 40 - 60% (b/b). Minyak jarak pagar memiliki kandungan asam lemak mirip dengan minyak kedelai. (Shah *et al.*, 2003). Selama ini penelitian mengenai biji jarak pagar yang banyak dilakukan adalah kegunaannya sebagai biodiesel (Sudradjat, 2005) dan pelumas (Ariatmi, 2008). Pembuatan poliol dari minyak jarak pagar belum pernah dilakukan. Poliol minyak jarak pagar berpotensi untuk dibuat poliol nabati dan dapat digunakan sebagai bahan baku poliuretan karena memiliki fungsionalitas (jumlah gugus OH dalam satu molekul) lebih dari satu.

Minyak jarak pagar dikonversi dari bentuk epoksi menjadi hidroksi melalui beberapa cara di antaranya dengan hidrogenasi katalitik, reaksi dengan asam hidroklorida atau hidrobromida, serta dengan reaksi pembukaan cincin dengan katalis asam menggunakan metanol (Guo *et al.*, 2000). Konversi dengan katalis asam menggunakan metanol menurut penelitian ini memberikan nilai konversi yang cukup tinggi yaitu sebesar 93% dengan bilangan hidroksil mencapai 199, sedang konversi dengan asam klorida memberikan nilai konversi sebesar 94% dan bilangan hidroksil mencapai 197.

Penelitian pembuatan poliol dari minyak jarak pagar dengan asam klorida (halogenasi) menggunakan katalis asam serta campuran metanol isopropanol (metoksilasi). Poliol hasil halogenasi dibandingkan dengan poliol dari minyak kedelai (Guo *et al.*, 2000), sedangkan poliol hasil metoksilasi dibandingkan dengan poliol dari minyak sawit (Ifa *et al.*, 2007).

Penelitian ini bertujuan mempelajari pengaruh dari jenis pereaksi, waktu dan nisbah mol pereaksi untuk hidroksilasi melalui metanol pada proses pembuatan poliol dari minyak jarak pagar.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak jarak pagar (*Jatropha curcas*) yang berasal dari Kebumen, Jawa Tengah. Bahan kimia yang digunakan, antara lain: metanol, etanol, isopropanol, toluena, asam sulfat, asam klorida, amberlite IR-120, asam fosfat, natrium sulfat anhidrat dan asam asetat. Peralatan yang digunakan yaitu satu rangkaian reaktor estrans yang terdiri atas labu leher dua, pendingin balik, termokopel, pengaduk, statif,

klem penjepit, pemanas listrik, mesin pengepres sistem hidrolik manual, alat distilasi, kompor listrik, pengaduk, erlenmeyer, tabung reaksi, labu ukur, neraca analitik, pipet, corong pemisah, buret dan spektrofotometer FTIR.

B. Prosedur Kerja

Penelitian pembuatan poliol dilakukan dalam dua tahap yaitu proses epoksidasi dan hidroksilasi. Hidroksilasi dilakukan melalui dua cara yaitu menggunakan asam klorida (halogenasi) dan campuran metanol-isopropanol menggunakan katalis asam (metoksilasi). Poliol hasil halogenasi dibandingkan dengan poliol dari minyak kedelai (Guo *et al.*, 2000), sedangkan poliol hasil metoksilasi dibandingkan dengan poliol dari minyak sawit (Ifa *et al.*, 2007).

1. Epoksidasi minyak

Epoksidasi minyak dilakukan dengan menggunakan prosedur yang dikembangkan oleh Petrovic *et al.* (2001).

a. Pemurnian

Minyak jarak pagar hasil ekstraksi dimurnikan dengan proses *degumming*. Proses *degumming* dilakukan untuk memisahkan minyak dari kotoran berupa gum, protein, fosfolipid, dan lain-lain. Satu liter minyak hasil ekstraksi ditimbang, dipanaskan hingga suhu 80° C, sambil diaduk ditambahkan larutan asam fosfat teknis sebanyak 0,3% (v/v), kemudian pengadukan dilanjutkan selama 30 menit. Minyak dimasukkan ke dalam corong pemisah, dicuci dengan air hangat hingga pH-nya netral.

b. Epoksidasi

Minyak jarak pagar sebanyak 100 gram, 50 ml toluena, 5 gram amberlite (yang telah diaktivasi) dan 15 g (0,25 mol) asam asetat glasial dimasukkan ke dalam labu leher tiga. Hidrogen peroksida (H₂O₂) 30% sebanyak 83,70 g (0,74 mol) ditambahkan melalui corong pemisah setetes demi setetes. Larutan dipanaskan pada suhu 70° C selama 6 jam sambil diaduk menggunakan pengaduk magnet.

Ke dalam minyak terepoksidasi selanjutnya ditambahkan etil asetat, kemudian disaring. Minyak selanjutnya dicuci dengan air panas secara berulang sampai dicapai pH netral. Amberlit diperoleh kembali melalui penyaringan. Fase lapisan minyak dikeringkan dengan menggunakan natrium sulfat anhidrat dan disaring, dan pelarut dihilangkan dengan penguap putar. Suhu reaksi yang digunakan 80 ± 0,5° C. Parameter yang dianalisis ialah bilangan oksiran, bilangan iodin dan gugus fungsi dengan *Fourier Transfer Infra Red* (FTIR).

2. Pembuatan poliol

a. Hidroksilasi melalui halogenasi

Hidroksilasi dilakukan dengan menggunakan metoda yang dikembangkan oleh Guo *et al.* (2000). Sebanyak 11,74 gram HCl pekat dan 50 ml aseton dicampurkan dalam labu leher tiga 500 ml. Epoksida jarak pagar (EJP) sebanyak 20 gram ditambahkan secara perlahan melalui corong pisah. Penambahan EJP dilakukan selama 15 menit dengan suhu dijaga pada 45° C. Kemudian reaksi dilanjutkan selama 1 jam dan 2 jam pada suhu 40° C.

Ke dalam corong pemisah, poliol yang dihasilkan selanjutnya ditambahkan sebanyak 60 ml etil asetat dan 20 ml air, kemudian dibiarkan sampai terbentuk dua lapisan. Lapisan

organik dicuci dengan akuades secara berulang sampai dicapai pH netral. Fase minyak dikeringkan dengan menggunakan natrium sulfat anhidrat dan disaring. Pelarut dihilangkan dengan penguap putar. Selanjutnya ditetapkan bilangan hidroksil dan analisis gugus fungsi dengan *Fourier Transfer Infra Red* (FTIR).

b. Hidroksilasi melalui metoksilasi

Hidroksilasi ini dilakukan dengan menggunakan metoda yang dikembangkan oleh Ifa *et al.* (2007). Metanol dan isopropanol (IPA) dicampur dengan komposisi masing-masing 1:7 ; 1:8 dan 1:9 dimasukkan ke dalam labu leher tiga. Minyak jarak pagar terepoksidasi sebanyak 20 gram ditambahkan secara perlahan-lahan, campuran diaduk dengan pengaduk magnet. Ketika campuran diaduk, 1 gram asam sulfat pekat ditambahkan dan suhu dipertahankan pada suhu 50° - 55° C. Waktu reaksi yang digunakan 1 jam dan 2 jam. Setelah reaksi dihentikan, produk didinginkan sampai suhu kamar lalu ditambahkan *n*-heksana 1:1 volume produk dan NaHCO₃ secara bertetes-tetes sampai pH netral.

Campuran kemudian dituangkan pada corong pisah. Lapisan atas adalah produk yang berwarna kuning dan lapisan bawah adalah sisa reaktan yang jernih. Lapisan atas yang didapatkan selanjutnya dipekatkan untuk menghilangkan sisa *n*-heksana. Ragam nisbah mol metanol : isopropanol yang digunakan yaitu 1:7, 1:8 dan 1:9, sedangkan ragam waktu reaksi yaitu 1 jam dan 2 jam. Setiap kondisi variasi dikerjakan dalam dua ulangan (kelompok) pengerjaan dengan selang waktu pengerjaan selama satu minggu. Produk poliol dianalisis bilangan hidroksil dan gugus fungsionalnya.

3. Analisis data

Analisis data dilakukan secara interpretasi dari tabulasi data hasil analisa kimia, hidroksilasi dan hasil analisis gugus fungsi dengan spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform Infra Red*), dan dilakukan uji statistik dengan rancangan acak kelompok faktorial.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Epoksidasi

Minyak jarak sebelum digunakan terlebih dahulu dihilangkan getahnya melalui proses *degumming* sehingga diperoleh minyak jarak pagar yang terbebas dari kandungan getah/lendir yang terdiri atas fosfatida, protein, residu, karbohidrat dan poliol tanpa mengurangi jumlah asam lemak bebas di dalam minyak.

Minyak jarak pagar yang telah dihilangkan getahnya, selanjutnya memasuki tahap epoksidasi. Terhadap minyak terepoksidasi dilakukan analisis bilangan iodin dan bilangan oksirana yang memberikan hasil sebagaimana tertera pada Tabel 1. Terjadi penurunan bilangan iodin antara minyak jarak awal dan minyak terepoksidasi, sebaliknya bilangan oksirana pada minyak terepoksidasi meningkat dibandingkan bilangan oksirana minyak awal menjadi sebesar 3,9%. Penurunan bilangan iodin mengindikasikan terjadinya proses oksidasi ikatan rangkap membentuk epoksida, sedangkan peningkatan bilangan oksirana mengindikasikan telah terbentuk cincin epoksida sebagai salah satu produk oksidasi ikatan rangkap yang terdapat pada minyak jarak.

Tabel 11. Kualitas minyak jarak dan epoksida jarak pagar

Parameter	MJP ^{*)}	EJP ^{**)}
Bilangan Iodin (<i>Iodine number</i>), g I ₂ /100g	95,98	10,10
Bilangan Oksiran (<i>Oxyrane number</i>), %	0,04	3,92

Keterangan (*Remarks*): ^{*)} Minyak jarak pagar (*Jatropha oil*) ; ^{**)} Epoksida jarak pagar (*Epoxy of Jatropha oil*)

Nilai bilangan oksiran minyak terepoksidasi yang diperoleh pada penelitian ini yaitu 3,9% lebih rendah dibandingkan dengan hasil yang diperoleh oleh Petrovic *et al.* (2001) yaitu sebesar 5,8% yang menggunakan pereaksi CH₃COOH dan H₂O₂ 30%, suhu 80°C dan waktu reaksi 6 jam untuk minyak kedelai. Rendahnya bilangan oksiran ini jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Petrovic *et al.* (2001) yang menggunakan kedelai sebagai bahan baku karena minyak kedelai memiliki komposisi asam lemak tak jenuh lebih banyak dibandingkan dengan minyak jarak pagar yang berarti bahwa ikatan rangkap yang tersedia pada minyak jarak pagar lebih sedikit, sehingga peluang terbentuknya oksiran pada minyak jarak pagar lebih sedikit dibandingkan dengan kedelai.

Selain itu, rendahnya bilangan oksiran juga diduga karena tidak semua ikatan rangkap minyak jarak terkonversi menjadi epoksida. Terbukti dari hasil analisis gugus fungsi menggunakan FTIR yang menunjukkan masih terdapatnya ikatan rangkap C=C pada bilangan gelombang 1604 cm⁻¹. Analisis FTIR pada minyak terepoksidasi juga menunjukkan serapan -OH sekunder, C-O, C=O, dan epoksi berturut-turut pada bilangan gelombang 1378, 1161, 1743, 1161 cm⁻¹. Adanya serapan yang mengindikasikan terbentuknya gugus hidroksil pada produk minyak terepoksidasi menunjukkan bahwa sebagian epoksida yang terbentuk telah teroksidasi. Selain itu terdapat juga serapan C=O (karbonil) yang menunjukkan bahwa reaksi oksidasi tidak terjadi pada gugus karbonil tetapi pada gugus alkena (ikatan rangkap tak jenuh).

B. Ciri Kimia

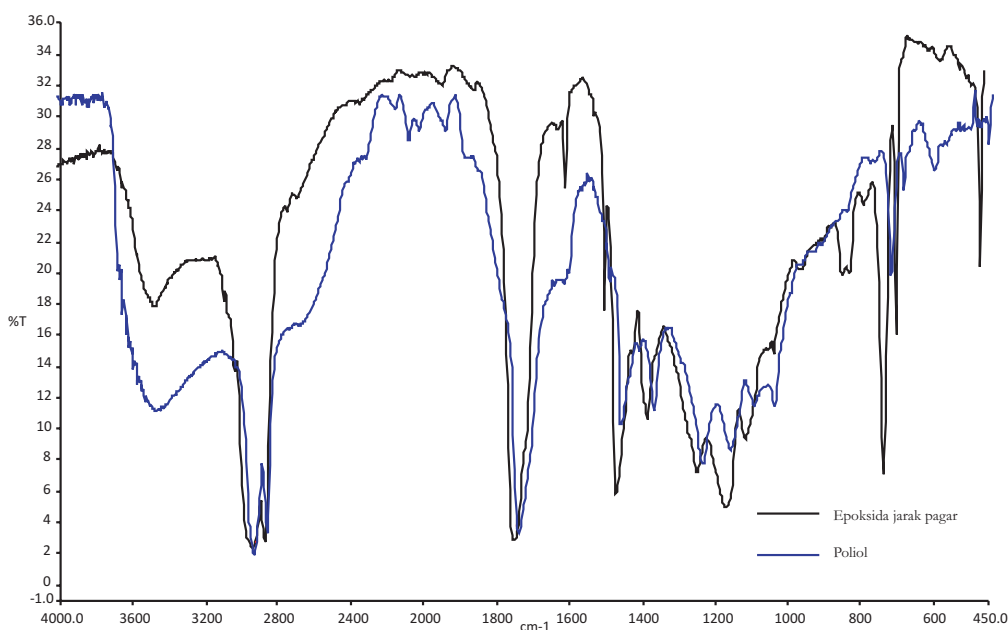
1. Hidroksilasi melalui halogenasi

Bahan baku pembuatan poliol adalah minyak jarak terepoksidasi. Reaksi pembukaan cincin epoksida pada minyak terepoksidasi menjadi poliol dilakukan dengan menggunakan asam klorida. Pembukaan cincin ini tidak membutuhkan katalis dari luar, karena HCl berfungsi sebagai pereaksi sekaligus sebagai katalis (Petrovic *et al.*, 2001).

Terbentuknya gugus hidroksil dapat diukur dengan titrasi penentuan bilangan hidroksil yang dinyatakan dalam mg KOH/g sampel. Bilangan hidroksil total yang dihasilkan untuk waktu 60 menit sebesar 18,15 mg KOH/g sampel dan 10,94 mg KOH/g sampel untuk waktu 90 menit.

Bilangan hidroksil total yang dihasilkan menunjukkan bahwa nilai bilangan hidroksil terhadap polioli halogenasi sangat kecil. Hal ini mungkin disebabkan terjadinya dekomposisi dari polioli selama pemanasan 1 jam pada suhu 98°C yang mengakibatkan rendahnya bilangan hidroksil, sehingga pengukuran menjadi tidak tepat.

Berdasarkan hasil analisis gugus fungsi dengan FTIR, diketahui bahwa terdapat serapan gugus OH sekunder, C=O, dan -OH berturut-turut pada bilangan gelombang 1374, 1241, 1742, dan 3461 cm^{-1} . Adanya serapan OH dan OH sekunder mengindikasikan telah terbentuk gugus hidroksil selama proses halogenasi. Namun tidak dapat dilakukan pengukuran yang tepat secara kuantitatif. Bilangan hidroksil total yang dihasilkan relatif kecil dibandingkan dengan nilai bilangan hidroksil polioli halogenisasi.



Gambar 1. Spektrum FTIR epoksida jarak pagar dan polioli hasil halogenasi

Figure 1. FTIR spectrum of *jatropha* epoxy and polyol after halogenation

2. Hidroksilasi melalui metoksilasi

Data pengamatan bilangan hidroksil total pada proses hidroksilasi menggunakan campuran metanol isopropanol dengan katalis asam disajikan pada Tabel 2. Terdapat kecenderungan penurunan bilangan hidroksil untuk penambahan nisbah mol metanol - isopropanol, pada waktu satu jam, tetapi ada kecenderungan yang sebaliknya untuk waktu reaksi 2 jam. Namun berdasarkan uji statistik dengan rancangan acak kelompok faktorial, ragam nisbah mol ini tidak berpengaruh nyata terhadap bilangan hidroksil yang dihasilkan artinya penambahan nisbah mol peraksi hanya sedikit berpengaruh pada bilangan hidroksil.

Tabel 2. Bilangan hidroksil poliol pada beberapa nisbah mol**Table 2. Hydroxyl number of polyol of some molar ratio**

Nisbah mol (<i>Mole ratio</i>) Metanol : Isopropanol	Kelompok (<i>Group</i>)	BHT* (mg KOH/g sampel)	
		1 Jam (<i>Hour</i>)	2 Jam (<i>Hours</i>)
1 : 7	1	116,70	113,91
	2	88,93	94,08
1 : 8	1	108,60	135,14
	2	87,38	99,06
1 : 9	1	87,91	157,69
	2	85,18	127,53

Keterangan (*Remarks*): *) Bilangan hidroksil total (*Total hydroxyl number*)

Dari Tabel 2 terlihat bahwa lamanya waktu reaksi memberikan pengaruh terhadap peningkatan bilangan hidroksil, yaitu semakin lama waktu reaksi maka bilangan hidroksil yang didapatkan akan semakin besar. Hasil ini juga diperkuat dengan pengujian statistik yang menunjukkan bahwa pengaruh waktu reaksi memberikan pengaruh yang berbeda nyata. Semakin lama waktu reaksi maka semakin baik kesempatan terbentuknya gugus hidroksil.

Selain pengaruh nisbah mol metanol : IPA dan waktu, dievaluasi juga pengaruh interaksi antara ragam nisbah mol dan waktu, serta pengaruh pengelompokan. Dari hasil yang diperoleh diketahui bahwa interaksi, dan pengelompokan berpengaruh nyata pada bilangan hidroksil yang dihasilkan.

Pengelompokan memberikan pengaruh yang nyata terhadap bilangan hidroksil total. Hal ini diduga karena sifat dari EJP yang mudah rusak selama penyimpanan maka menyebabkan penurunan bilangan hidroksil dalam dua kelompok yang ada.

Bilangan hidroksil yang paling baik didapatkan pada ragam nisbah mol metanol:isopropanol 1 : 9 dengan waktu reaksi 2 jam. Poliol yang dihasilkan melalui metoksilasi memberikan nilai rendemen yang beragam. Rendemen yang dihasilkan disajikan pada Tabel 3.

Spektrum poliol hasil sintesis menunjukkan adanya serapan OH, C-O, C=O, epoksi, dan OH sekunder berturut-turut pada bilangan gelombang 3445, 1172, 1742, 1172 dan 723, 1377 cm^{-1} (Gambar 1). Masih munculnya pita serapan epoksida menunjukkan didalam sampel masih terkandung gugus epoksida pada EJP (Epoksida jarak pagar) yang belum bereaksi. Adanya pita serapan OH sekunder menunjukkan gugus hidroksil yang terbentuk pada poliol berikatan dengan atom C sekunder. Dugaan ini diperkuat hasil penelitian Petrovic *et al.* (2002), bahwa pembuatan poliol melalui tahapan epoksida dapat menghasilkan poliol dengan gugus hidroksil pada posisi sekunder.

Dalam teknologi poliuretan, posisi gugus hidroksil mempengaruhi reaktivitasnya dengan isosianat. Poliol dengan gugus hidroksil primer lebih reaktif daripada poliol dengan gugus hidroksil pada posisi sekunder. Perbedaan reaktivitas ini menentukan jenis aplikasi dari poliuretan. Poliol dengan gugus hidroksil pada posisi sekunder berpotensi untuk

dikembangkan sebagai bahan baku penyalut poliuretan karena memiliki reaktivitas terhadap isosianat yang lebih rendah pada suhu ruang.

Selain posisi gugus OH dalam polioliol, hal lain yang berperan penting dalam penentuan sifat poliuretan adalah bilangan hidroksil. Bilangan hidroksil sebesar 350 - 560 mg KOH/g sampel menghasilkan poliuretan yang bersifat kaku, 100-200 mg KOH/g sampel untuk poliuretan semi-fleksibel dan 5,6 - 70 mg KOH/g sampel untuk poliuretan fleksibel. Bilangan hidroksil yang diperoleh pada penelitian ini berguna dalam pembuatan poliuretan yang bersifat semi-fleksibel.

C. Ciri Fisis

Rendemen polioliol yang dihasilkan relatif lebih besar pada waktu dua jam dibandingkan waktu satu jam. Hal ini dimungkinkan pada waktu dua jam polioliol yang dihasilkan lebih maksimal dibandingkan waktu satu jam. Secara keseluruhan rendemen paling besar terdapat pada nisbah mol pereaksi 1 : 8 pada waktu reaksi 2 jam. Namun rendemen ini tidak terlalu berbeda jauh dibandingkan pada nisbah mol 1 : 9 untuk waktu reaksi 2 jam sehingga kondisi yang memberikan rendemen dan bilangan hidroksil yang baik terdapat pada kondisi nisbah mol 1 : 9 dan waktu reaksi 2 jam.

Tabel 3. Rendemen polioliol

Table 3. Yield of polyol

Nisbah mol (<i>Mole ratio</i>) Metanol : Isopropanol	Rendemen (<i>Yield</i>), %	
	1 jam (<i>Hour</i>)	2 jam (<i>Hours</i>)
1 : 7	95,66	95,70
1 : 8	98,90	99,26
1 : 9	91,02	98,43

Viskositas dapat mempengaruhi pencampuran dan sifat-sifat produk poliuretan. Viskositas meningkat dengan meningkatnya berat ekuivalen hidroksil (panjang rantai pergugus hidroksil) dan ukuran molekul (fungsionalitas hidroksil). Viskositas polioliol yang telah disintesis disajikan pada Tabel 4.

Viskositas yang paling tinggi pada kondisi nisbah mol 1 : 9 dengan waktu 2 jam. Hal ini sesuai karena pada kondisi tersebut gugus hidroksilnya paling banyak, sehingga kemungkinan bobot molekulnya paling besar, maka zat cenderung membentuk molekul yang lebih kompak sehingga zat cair akan cenderung mengental sehingga viskositas yang dimiliki tinggi. Sedangkan viskositas yang paling rendah juga pada keadaan dimana bilangan hidroksilnya paling kecil. Nilai viskositas yang didapat pada penelitian ini sebanding dengan bilangan hidroksilnya, namun nilai ini cukup besar untuk viskositas polioliol. Hal ini diduga karena pengukuran viskositas yang dilakukan berselang waktu seminggu setelah polioliol disintesis yaitu kemungkinan terbentuknya oligomer dari polioliol yang dihasilkan.

Tabel 4. Viskositas polioli
Table 4. Viscosity of polyol

Nisbah mol (<i>Mole ratio</i>)	Viskositas (<i>Viscosity</i>), Pa.s	
	1 jam (<i>Hour</i>)	2 jam (<i>Hours</i>)
Metanol : Isopropanol		
1 : 7	19,62	38,11
1 : 8	16,45	46,14
1 : 9	9,24	65,21

IV. KESIMPULAN

1. Tahap epoksidasi memberikan nilai bilangan oksiran sebesar 3,92%.
2. Hidroksilasi melalui halogenasi memberikan bilangan hidroksil total sebesar 18,15 mg KOH/g untuk waktu 60 menit, dan sebesar 10,94 mg KOH/g untuk waktu 90 menit.
3. Hidroksilasi melalui metoksilasi memberikan nilai bilangan hidroksil total antara 85,2 - 157,7 mg KOH/g yang dapat digunakan untuk membuat poliuretan yang bersifat semi fleksibel.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariatmi, R. N. 2008. Perancangan proses pembuatan pelumas dasar sintetis dari minyak jarak pagar hasil modifikasi. (Tesis) Sekolah Pasca Sarjana. Teknologi Industri Pertanian. IPB.
- Guo, A., Petrovic, Z.S., and Wei Zhang. 2000. Structure and properties of poliuretans based on halogenated and nonhalogenated soypoliols. *Journal of Polymer Science: Part A: Polymer Chemistry* 38 : 4062 - 4069.
- Ifa, La., Mahfud, Sumarno, Susianto, Qadaryah, Lailatul, Sabara dan Zakir. 2007. Pembuatan polioli dari minyak sawit melalui reaksi epoksidasi dan hidroksilasi. *Majalah Polimer Indonesia* 10 (2) : 82 - 88.
- Petrovic, Z.S., Zlatanovic, A., Lava, C.C., and Sinadinovic-Fiser, S. 2001. *Epoxidation of soybean oil in toluene with peroxoacetic and peroxoformic acids - Kinetics and side reactions*. Kansas: Pittsburg State University, Kansas Polymer Research Center.
- Petrovic, Z.S., Zhang, W., Zlatanovic, A., Lava, C.C., and Ilavsky, M. 2002. Effect of OH/NCO molar ratio on properties of soy-based polyurethane networks. *J Polym. Environ* 10 : 5 - 12.
- Petrovic, Z.S., Zhang, W., and Javni, I. 2005. Structure and properties of polyurethanes prepared from triglyceride polyols by ozonolysis. *Biomacromolecules* 6 : 713 - 719.

- Rios, L. A. 2003. Heterogeneously catalysed reactions with vegetable oils: epoxidation and nucleophilic epoxide ring-opening with alcohol [Disertasi]. Aachen : The Institute of Chemical Technology and Heterogeneous Catalysis. University RWTH.
- Shah, S., Shanna, S., and Gupta, M.N. 2003. Biodiesel preparation by lipase-catalysed transesterification of jatropha oil. *Energy & Fuels* 18 : 154 - 159.
- Sudradjat, R., Indra, J., dan D. Setiawan. 2005. Optimalisasi proses estrans pada pembuatan biodiesel dari minyak jarak pagar. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. Bogor 23 (4) : 239 - 257.